

# モータ回転加速度を用いた振動触覚及び擬似力覚提示

○ヤェム ヴィボル (電気通信大学), 岡崎 龍太 (電気通信大学, 日本学術振興会),  
梶本 裕之 (電気通信大学)

## Vibro-tactile and Pseudo Haptic Presentation using Motor Rotational Acceleration

○Vibol YEM (UEC), Ryuta OKAZAKI (UEC, JSPS Research Fellow), Hiroyuki KAJIMOTO (UEC)

Abstract: To present vibro-tactile to fingertip, linear vibrator is actively used because it has high responsiveness by comparing to the eccentric motor. This kind of vibrator is also able to produce pseudo haptic while vibrating signal is asymmetric. In our study, we proposed a new haptic presentation method using motor's counterforce that occurs during acceleration. This paper reports the efficiency of our method.

### 1. はじめに

偏心モータは、小型、低コストに振動を提示できることから、携帯電話やゲームコントローラなどにおける振動提示に広く用いられている。しかし偏心モータは特性上、ある単一周波数の振動しか提示できず、その使用は記号的な情報提示に限られる[1][2]。

これに対して、より高品位な触覚提示を目的として、現在直動型振動子が多く用いられている[3][4]。直動型振動子は偏心モータに対して応答性が高く、また振動波形を非線形にすることによって擬似的な力覚を生じさせることも可能である[5]。(改行)

しかし、直動型振動子にも以下のような制約があると考えられる。まず振動体を筐体に固定するためにバネやゴムなどを用いる必要があり、それに起因する共振が必ず生じる。また特に低周波領域において一定以上の加速度を生じさせようとする、振幅の増加によって振動体が筐体内と衝突を起こす。より強い振動を提示するためには振動子を大型化することなどが考えられるが指先など細かな部位への提示においてはあまり好ましい状況とはいえない。

こうした問題を解決するために、我々は通常の DC モータを回転させた際に発生する反力を利用した新たな触力覚提示手法を提案した[6]。これまでに、実際に DC モータに交流を印加した際のロータ往復運動によって触覚提示が可能であることを確かめ、その振動周波数特性を計測した。

本稿では次のステップとして、従来主に直動形振動子で報告されていた擬似力覚を、DC モータによって生じさせる試みについて紹介する。DC モータによる擬似力覚は土山ら[7]によって提案されているが、

その性能については検証されていない。もし DC モータで擬似力覚を提示することができれば、前報における振動触覚提示と組み合わせることによって、指先に装着した DC モータによって触覚と力覚を同時に提示できると考えられる。今回は鋸波の電圧を印加した際の実験的な振動によって擬似力覚を生じさせることを試みた。

### 2. 実験

#### 2.1 目的及び振動刺激条件の設定

本実験では、DC モータに Fig.1 に示した様な鋸波の電圧を印加することで非線形な振動を提示し、その振動によって擬似力覚を知覚することが可能かを検証することを目的とする。

雨宮ら[8]の先行研究によると、非線形振動によって生じる擬似力覚は与えられた振動波形の周波数に依存する。この知見から本実験では提示する鋸波の周波数は 10Hz から 80Hz まで 10Hz ごとに設定した。また、提示する振動の強度によって知覚する擬似力

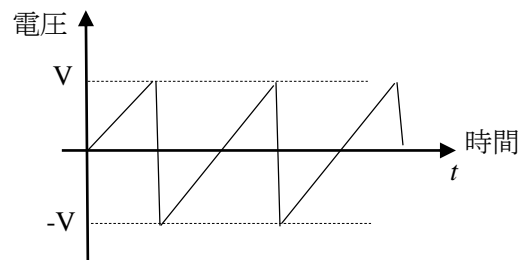


Fig.1 モータに印加する電圧鋸波波形

覚の特性が変化する可能性があるため、提示する鋸波の電圧振幅を  $V_1=1V$ ,  $V_2=1.5V$ ,  $V_3=2V$  の3つの異なる値とした。すなわち、周波数が8条件、電圧振幅が3条件、計24条件として実験を行った。

## 2.2 装置

実験に使用した装置はPC, DCモータ(STL JAPAN社, HS-V1S), モータ固定具(ABS樹脂製, Fig2), 定電源装置(MATSUSADA Precision社, P4K-80)より構成される。鋸波はMbed (LPC1768)より出力され、アンプ(National社, LM675T)によって増幅されてDCモータに出力された。DCモータを指先に固定するため、DCモータを指サック状のモータ固定具(Fig.2)に固定し、指にはめて振動を提示した。

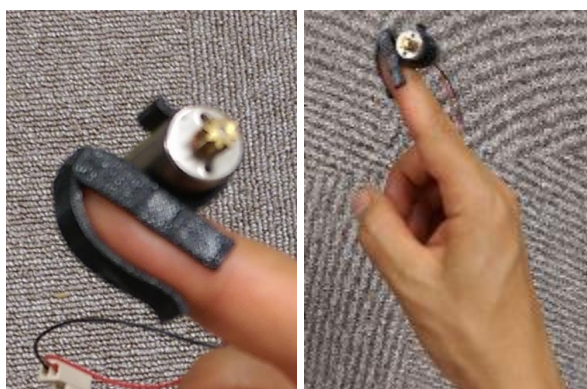


Fig.2 指に装着したモータ固定具

## 2.3 手順

実験の様子をFig.3に示す。実験前にモータ固定具を被験者の右手人差し指に装着し、最も合うサイズを選ばせた。その後、被験者の右手をサポート台の上に置き、右手人差し指を前に伸ばす姿勢を取らせた。実験開始と同時に、設定した24条件の振動刺激のうち1つを1秒間提示し、被験者が知覚した擬似力覚の方向を右(指伸展側), 左(指屈曲側), 不明の3つから回答させた。より厳密な擬似力覚提示性能を検証するため、事前に練習は行わず、振動提示によって生じる擬似力覚の方向と提示刺激の順序はランダムとした。1つの振動刺激につき右方向(指伸展側), 左方向(指屈曲側)への擬似力覚提示を2回ずつ行い、24条件×2方向(左, 右)×2繰り返して、被験者一人あたりの試行数は計96試行であった。

被験者は21歳~32歳の8名(男性6名, 女性2名, 全員右利き)であった。

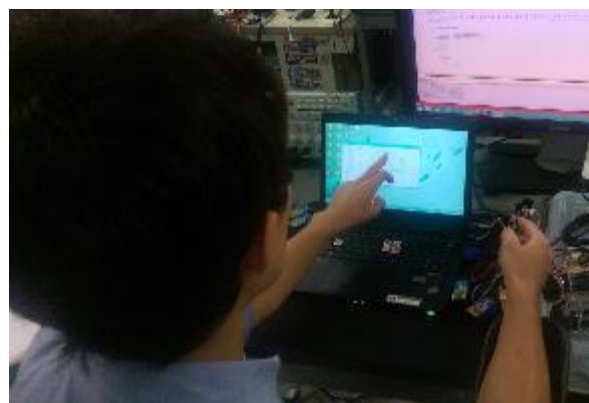


Fig.3 実験の様子

## 2.4 結果と考察

図4は鋸波を印加したDCモータによって知覚した擬似力覚の提示方向の正答率を示すグラフである。なおここでいう正答とは、DCモータの右回旋が左回旋より急峻であった場合には右(指伸展方向)に力を感じる)と回答したのものを言う。縦軸は正答率を示し、横軸は提示刺激条件を示す。またエラーバーは標準偏差を示す。

結果より、提示刺激の周波数が10Hzの時の正答率が最も高く、周波数が高くなるほど正答率が低くなった。ただし、70Hzと80Hzを比較すると、80Hzのほうがやや正答率が上回る結果となった。本実験では80Hzまでしか実験を行わなかったため、より高い波数においては今後検討する必要がある。電圧の振幅については、正答率の差がほぼ見られなかった。

この結果から、直動型振動子と同様にDCモータで非線形振動を提示することで擬似力覚提示を行うことが可能であることが判明した。

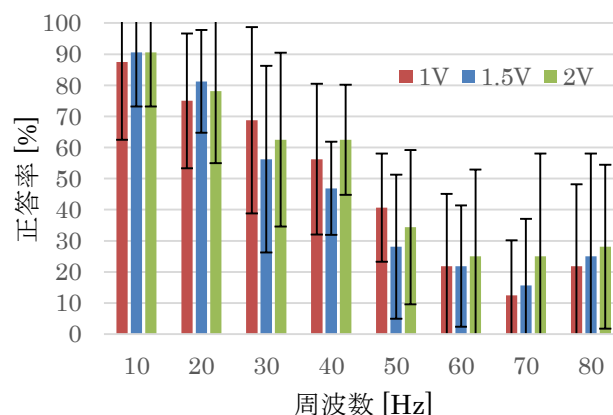


Fig.4 実験の結果

## 4. おわりに

本稿では、振動触覚及び擬似力覚提示のためにDC

モータを利用することを提案し、非線形振動によって生じる擬似力覚を知覚することが可能かを検証した。その結果、DC モータは直動型振動子と同様に力覚を提示することができ、特に提示刺激の周波数が10Hzの時の正答率が最も高かった。

以上の研究と、我々の前回の報告によるDCモータの振動提示の研究を組み合わせることによって、指先に装着したDCモータは振動触覚と力を同時に提示できるデバイスになると期待される。今後はさらに本研究の目的に特化した最適構造を持つ新たな振動子を開発するとともに、振動提示と擬似力覚提示の組み合わせについて検討する。

## 謝辞

本研究はJST-ACCEL「身体性メディア」プロジェクトの一環として行われた。

## 参考文献

[1] Sadihov, D., Migge, B., Gassert, R., & Kim, Y: Prototype of a VR upper-limb rehabilitation system enhanced with motion-based tactile feedback. Proc. of

WHC'13, 2013.

[2] Jaeyeon, L., Jaehyun, Han., Geehyuk, L.: Investigating the Information Transfer Efficiency of a 3x3 Watch-back Tactile Display. Proc. of CHI'15, 2015.

[3] Mizushina, Y., Fernando, C.L, Minamizawa, K., Tachi, S.: Haptic Broadcasting - System of Transmitting the Experience in Badminton. Proc of EuroHaptics'14, 2014.

[4] Hashimoto, Y., Nakata, S., Kajimoto, H.: Novel Tactile Display for Emotional Tactile Experience. ACE'09, 2009.

[5] Rekimoto, J.: Traxion: A Tactile Interaction Device with Virtual Force Sensation, Proc. of ACM UIST'13, 2013.

[6] Yem, V., 岡崎 龍太, 梶本 裕之: モータ回転加口度を用いた振動触覚提示の周波数特性, 第20回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2015.

[7] 土山吉朗, 尾関正高, 松井敬三: 力覚呈示デバイス、データ入力装置、及びデータ入力デバイス装置, 山下電器産業株式会社 特許, 第3686686号, 2005.

[8] 雨宮智浩, 安藤英由樹, 前田太郎: 非接地型力覚提示装置を中空で把持したときの効果的な牽引力錯覚の生起手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 4, pp. 545-556, 2006.